

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

POHONNÉ HMOTY V 21. STOLETÍ

FUELS IN 21. CENTURY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN LÉBL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Lébl

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Pohonné hmoty v 21. století

v anglickém jazyce:

Fuels in 21. century

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Získání přehledu o zadané problematice. Stanovení základních vývojových trendů.

Cíle bakalářské práce:

Uvedení přehledu a složení jednotlivých paliv pro zážehové i vznětové motory. Perspektivy do budoucna.

Seznam odborné literatury:

- [1] Vlk, F.: Paliva a maziva motorových vozidel, Brno 2006
- [2] Prospekty a propagační materiály výrobců paliv a maziv

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na uvedení přehledu jednotlivých druhů pohonných hmot používaných v současné době pro zážehové i vznětové spalovací motory. Okrajově se dotýká také tématu paliv užívaných pro palivové články. Práce se dále zabývá složením jednotlivých druhů pohonných hmot, jejich vlastnostmi a ekologickými aspekty jejich použití. Závěr práce je zaměřen na stanovení vývojových trendů v oblasti pohonných hmot a perspektiv rozšíření daných druhů v budoucnosti.

Klíčová slova: Automobilový benzín, motorová nafta, LPG, CNG, LNG, biopaliva, vodík.

Summary

This bachelor's thesis is intent on introducing the overview of particular types of fuels used at present for ignition and diesel internal combustion engines. Marginally is mentioned the theme of fuels used for fuel cells. Further it deals with the composition of each fuel types and their characteristics and ecological aspects of their use. The ending of the thesis is aimed to formulation of the development trends in fuels and the prospects of each fuel type's expansion in the future.

Key words: Gasoline, diesel fuel, LPG, CNG, LNG, biofuel, hydrogen.

Bibliografická citace

LÉBL, J. Pohonné hmoty v 21. století. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci, Pohonné hmoty v 21. století, jsem napsal samostatně, pod odborným vedením Ing. Radima Dundálka, PhD. s použitím uvedených zdrojů literatury, které jsou v práci řádně citovány.

V Brně dne 15. května 2009

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce, Ing. Radimu Dundálkovi, PhD., za jeho cenné rady a připomínky v průběhu tvorby této práce. Také bych rád poděkoval svým rodičům za jejich podporu během celého studia a v neposlední řadě také své přítelkyni a kamarádům, kteří studium značně ulehčují.

Obsah

ÚVOD	8
1. STANDARDNÍ PALIVA	9
1.1. AUTOMOBILOVÝ BENZÍN	9
1.1.1. Druhy a vlastnosti benzínů	9
1.1.2. Destilační křivka.....	11
1.2. MOTOROVÁ NAFTA	12
1.2.1. Druhy a vlastnosti dieselových paliv	12
2. PLYNNÁ PALIVA	16
2.1. LPG – LIQUIFIED PETROLEUM GAS	16
2.1.1. Vlastnosti a požadavky na kvalitu LPG.....	17
2.2. ZEMNÍ PLYN – CNG, LNG.....	18
2.2.1. Vlastnosti zemního plynu jako paliva pro motorová vozidla.....	19
3. BIOPALIVA	20
3.1. BIONAFTA A MEŘO	21
3.1.1. Vlastnosti směsné motorové nafty	22
3.2. BIOETANOL.....	23
3.3. METANOL	25
3.4. BIOPLYN	26
4. VODÍK.....	26
4.1. VODÍK JAKO PALIVO PRO SPALOVACÍ MOTORY	27
4.1.1. Proces spalování vodíku.....	28
4.2. VODÍK JAKO PALIVO PRO PALIVOVÉ ČLÁNKY	29
4.2.1. Popis funkce palivového článku	29
ZÁVĚR.....	31
LITERATURA	32

Úvod

Lidská touha po poznání světa, zdolávání vzdáleností a mobilitě dospěla na konci devatenáctého století k vynálezu prvních spalovacích motorů a následně automobilů. Vynálezcem prvního čtyřtakového spalovacího motoru byl německý inženýr Nikolaus August Otto, který v roce 1876 představil svůj model na plynový pohon. V roce 1884 pak sestrojil nízkonapěťové magnetové zapalování což otevřelo cestu použití kapalných paliv. Netrvalo dlouho a světlo světa spatřil v roce 1892 také vznětový spalovací motor zásluhou německého vynálezce Rudolfa Diesela. Rozvoj automobilismu a trhu s pohonnými hmotami pak nabíral rychlé obrátky.

Již v dvacátých letech 20. století se započalo s prvními úpravami pohonných hmot, objevili se benzíny vyšších jakostních tříd, už v té době označované jako Super a Premium, jež byli směsí aromatických uhlovodíků s benzínem. Začali se přidávat olovnaté sloučeniny pro zvýšení oktanového čísla a byla upravována těkavost, aby motor v zimě lépe startoval a aby v létě nedocházelo k varu paliva.

Ve třicátých letech minulého století došlo k masivnějšímu rozšiřování LPG a to především v Německu, kde bylo benzínu nedostatek. Další vlna rozšiřování přišla v polovině padesátých let, kdy došlo v poválečném Německu k obnovení chemického průmyslu a technologie výroby se začala šířit i do dalších zemí.

V letech padesátých a šedesátých byl vývoj pohonných hmot směřován především na maximální poskytovaný výkon a na ekologičnost se v té době příliš nehledělo. Změna nastala koncem let sedmdesátých a především v osmdesátých letech kdy měli ekologické tlaky stále silnější váhu. Začali se vydávat různé legislativní programy, které pak formou právních předpisů regulovali složení benzínu, aby obsahoval co nejméně látek poškozujících životní prostředí. Jednalo se především o snižování obsahu olova a přidávání kyslíkatých sloučenin.

V dnešní době je vývoj kvality paliv plně podřízen ekologickým požadavkům, vycházejících především z požadavku na produkci minimálního množství oxidu uhličitého ve spalínách. Oxid uhličitý je totiž skleníkovým plynem a výrazně se podílí na procesu globálního oteplování planety. Kromě snah o snížení produkce toho plynu při spalování konvenčních ropných paliv, se hledají i paliva jiná, alternativní, pokud možno jiného než ropného původu. Tyto snahy jsou umocňovány skutečností, že světové zásoby ropy se neúprosně blíží ke svému dnu a podle některých odhadů vydrží při současném tempu těžby přibližně 50 let.

Souhrnný přehled složení a vlastností jak klasických ropných paliv tak i všech alternativ, majících šanci se v budoucnu uplatnit, uvádí právě tato bakalářská práce.

1. Standardní paliva

1.1. Automobilový benzín

Automobilové benzíny jsou směsí kapalných uhlovodíků vroucích při teplotách 30 až 210°C a někdy obsahují omezené množství kyslíkatých látek, které způsobí zvýšení oktanového čísla. Ke zlepšení svých vlastností mohou obsahovat přísady, např. detergenty, k zajištění čistoty palivového systému, antioxidační proti korozi, antidetonační a jiné.

Základní požadavky:

- dobrá odpařivost za nízkých teplot pro zajištění startovatelnosti
- nesmí obsahovat těžší frakční podíly (bod varu nad 210°C) aby nedocházelo ke smývání olejového filmu na stěně válce a ředění olejové lázně v motorové skříni
- malý obsah síry, která způsobuje korozi palivového systému, pokles oktanového čísla benzínu a zvyšuje obsah škodlivin ve výfukových plynech motoru
- nesmí obsahovat pryskyřice, které způsobují zanášení trysek a usazují se v sacím potrubí a na sacím ventilu
- dlouhá stabilita zabezpečující nízké ztráty při skladování [2]

1.1.1. Druhy a vlastnosti benzínů

Bezolovnaté automobilové benzíny se používají převážně pro zážehové motory silničních motorových vozidel. Nesmějí se používat pro vozidla, která jsou v provozu na pracovištích v uzavřených prostorách. Bezolovnaté benzíny jsou určeny zejména pro moderní typy zážehových motorů vybavených katalyzátorem a řízených lambda sondou.

Tabulka 1.1 uvádí přehled bezolovnatých automobilových benzínů nabízených společností ČEPRO a.s. [5]

Obchodní název	Hustota při 15°C [kg/m ³]	Barva	Oktanové číslo VM min.	Obsah síry [mg/kg] max.	Obsah etanolu % obj. max.	Obsah kyslíku % hm. max.
BA-91 Special	720 – 755	oranžová	91	10,0	5,0	2,7
BA-91 Normal	720 - 755	nažloutlá	91	10,0	5,0	2,7
BA-95 Super	720 - 755	nažloutlá	95	10,0	5,0	2,7

Tabulka 1.1: Vlastnosti benzínů nabízených společností ČEPRO a.s.

Většina automobilů v České republice jezdí na bezolovnaté benzíny, avšak starší vozidla s motory bez tvrzených ventilových sedel vyžadují benzín s obsahem olova. Jelikož je prodej olovnatého benzínu od roku 2001 zakázaný, byl původní olovnatý benzín Speciál 91 nahrazen benzínem pod obchodním názvem BA-91 Special (Tabulka 1.1), což je bezolovnatý benzín vhodný pro provoz starších typů motorů s netvrzenými ventilovými sedly. Benzin BA-91 Special obsahuje aditivum typu VSRPA (Valve Seat Recession Protection Additive) proti nadměrnému opotřebení ventilových sedel. [5] Aditiva tohoto typu obsahují sloučeniny kovů jako jsou například draslík nebo mangan.

Bezolovnatý benzín Normal 91 (Tabulky 1.1 a 1.2) s oktanovým číslem 91 se používá do vozidel s katalyzátory či elektronickým vstřikováním vyžadujících nižší oktanové číslo. Do tohoto benzínu není přidáváno aditivum typu VSRPA, chceme-li Normal 91 použít ve starších typech vozidel, je třeba provést individuální aditivaci.

Tabulka 1.2 uvádí základní kvalitativní parametry a vlastnosti bezolovnatých benzínů podle ČSN EN 228.

Znak jakosti	Jednotky	Normal 91	Super 95	Super plus 98
Oktanové číslo VM*, min.		91	95	98
Oktanové číslo MM**, min.		82	85	88
Vzhled		čirý a jasný	čirý a jasný	čirý a jasný
Hustota při 15°C	kg/m ⁻³	725 - 775	725 - 775	725 - 775
Obsah olova, max.	mg/l	5	5	5
Korozivní působení na měď (3 h při 0°C)	korozivní stupeň	třída 1	třída 1	třída 1
Destilační zkouška				
odpař. množství při 70°C - léto	% obj.	20 - 48	20 - 48	20 - 48
odpař. množství při 70 °C - zima	% obj.	22 - 50	22 - 50	22 - 50
odpař. množství při 100 °C	% obj.	46 - 71	46 - 71	46 - 71
odpař. množství při 150°C, min.	% obj.	75	75	75
Konec destilace, max.	°C	210	210	210
Destilační zbytek, max.	% obj.	2	2	2
Tlak nasycených par - léto	kPa	45 - 60	45 - 60	45 - 60
Tlak nasycených par - zima	kPa	60 - 90	60 - 90	60 - 90
Index těkavosti (duben a říjen), max.		1150	1150	1150
Oxidační stabilita, min.	min.	360	360	360
Mechanické nečistoty a voda		nepřítomné	nepřítomné	nepřítomné
Obsah síry, max.	mg/kg	10	10	10
Obsah pryskyřic, max.	mg/100cm ⁻³	5	5	5
Obsah uhlovodíků - aromáty, max.	% obj.	35	35	35
Obsah uhlovodíku - olefiny, max.	% obj.	18	18	18
Obsah kyslíku, max.	% obj.	2,7	2,7	2,7
Obsah benzenu, max.	% obj.	1	1	1
Obsah kyslíkatých látek				
metanol, max.	% obj.	3	3	3
etanol, max.	% obj.	5	5	5
izo-propylalkohol, max.	% obj.	10	10	10
izo-butylalkohol, max.	% obj.	10	10	10
terc.-butylalkohol, max.	% obj.	7	7	7
ethery (5 nebo více C atomů), max.	% obj.	15	15	15
Jiné kyslíkaté látky, max.	% obj.	10	10	10
Pozn.: léto 1.5.-30.9., zima 1.11.-31.3., přechodové období duben a říjen				
*VM = výzkumnou metodou, **MM = motorovou metodou				

Tabulka 1.2: Kvalitativní parametry automobilových benzínů dle ČSN EN 228

Natural Super 95 je nejrozšířenější bezolovnatý benzín s oktanovým číslem 95. Používá se do všech vozidel s katalyzátory i bez katalyzátoru s novějšími motory přizpůsobenými spalování bezolovnatého benzínu. V současné době využívá tohoto typu benzínu většina vyráběných osobních automobilů od vozů nejnižší třídy po luxusní vozy velkých objemů a výkonů. Nelze jej používat ve starších typech motorů vyžadujících olovnaté přísady a stejně tak se

nedoporučuje jej bez patřičných úprav motoru používat jako náhradu za benzin s 91 oktany, mohlo by dojít k poškození motoru. [2]

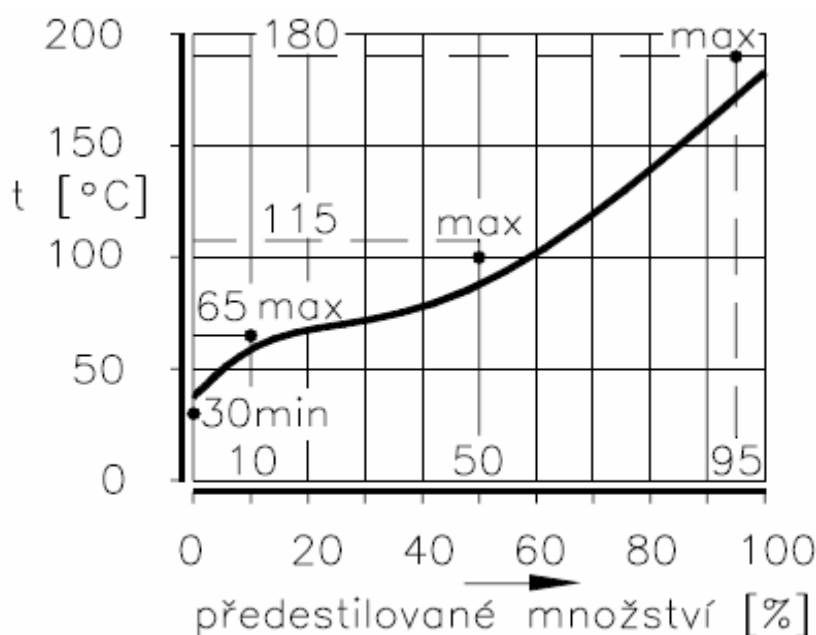
Mezi další bezolovnaté benziny Super Plus 98, což je bezolovnatý 98 oktanový benzín vhodný pro všechny motory s katalyzátorem nebo bez, které vyžadují vyšší oktanové číslo než 95.

Někteří výrobci nabízejí navíc 100 oktanové benziny. Např. 100 oktanový benzín firmy OMV Refining & Marketing GmbH – OMV Super 100, nebo firmy Shell Czech Republic a.s.- Shell V Power Racing. Takové benziny jsou určeny pro motory s vysokými kompresními poměry, tj. zejména pro vysokovýkonné motory osobních automobilů. Díky účinnějšímu spalování dojde k úspoře paliva a motor s takovým palivem poskytuje větší výkon a lepší dynamiku.

1.1.2. Destilační křivka

Destilační křivku (obr. 1.1) dostaneme jako výsledek destilační zkoušky, kterou provádíme za účelem požadovaného frakčního složení daného benzínu. Vyjadřuje objemové procento paliva, které předestiluje do určité teploty destilace.

Benzín musí obsahovat lehce odpařitelné frakce zabezpečující dobrou startovatelnost motoru za studena, zároveň však nesmí obsahovat frakce s bodem varu vyšším jak 200°C, které by se neodpařili a mohli by ředit olejovou náplň motoru.



Obr. 1.1: Destilační křivka benzínu

Destilační křivku můžeme popsat několika významnými body:

- Nejmenší teplota počátku destilační křivky je určena z hlediska požární bezpečnosti a minimálními ztráty odparem při skladování. V našich zeměpisných šířkách je tato teplota v rozmezí 30 až 35°C
- Deseti procentní bod je teplota při níž je předestilováno 10 % paliva. Tato hodnota se pohybuje v rozmezí 45 až 60°C a zásadně ovlivňuje startovatelnost motoru především za nižších teplot, proto je nutno ji sezónně upravovat.
- Padesátiprocentní bod, tedy teplota při které je předestilováno právě 50 % paliva rozhoduje o tom, jak rychle se motor ohřeje na danou provozní teplotu a jak bude

reagovat na přechodové režimy. Tato teplota leží v rozmezí 100 až 105°C přičemž čím vyšší tato teplota je, tím pomaleji motor reaguje na podněty plynového pedálu. Při vysoké teplotě padesátiprocentního bodu hrozí při startování za studena ulpívání kapiček na studené stěně válce a smývání olejového filmu.

- Devadesátiprocentní bod představuje teplotu předestilování 90 % paliva, neměla by být vyšší jak 180°C.

Aby nedocházelo k ředění olejové náplně motoru neodpařeným palivem kontroluje se teplota při níž se předestiluje 95 % paliva a teplota konce destilace, která by měla ležet pod hodnotou 210°C

1.2. Motorová nafta

Motorová nafta je směs parafinických, cykloparafinických, aromatických a olefinických kapalných uhlovodíků s 10-22 atomy uhlíku v řetězci. Získává se z ropy destilací v rozmezí 160 až 360 °C. Vyrábí se míšením petroleje s těžšími destilačními produkty – plynový olej. Obě tyto frakce z atmosférické destilace obsahují poměrně velké množství sirných sloučenin, musí být tedy podrobeny důkladnému, někdy i několika stupňovému, hydrogenační odsíření. Obsah lehkých podílů (petrolej) je dán požadavkem na bod vzplanutí, obsah těžkých podílů (plynový olej) je omezen vznikem úsad ve spalovacím prostoru. Pro zlepšení jednotlivých vlastností motorové nafty se používají různá aditiva:

- depresanty – přísady snižující teplotu tuhnutí
- detergenty – potlačení tvorby vysokoteplotních usazenin
- inhibitory koroze – ochrana kovových částic před působením kyselých nečistot
- aditiva pro zvýšení cetanového čísla
- mazivostní přísady – tvorba únosnějších mazacích filmů, nižší hodnoty součinitele tření
- přísady proti pění – omezení pění motorové nafty, zamezení ztráty mazivosti a jiné.

1.2.1. Druhy a vlastnosti diesellových paliv

Motorová nafta se používá jako palivo do vznětových motorů, případně jako palivo do některých turbin. Jedním z hlavních kritérií kvality motorové nafty je cetanové číslo. Charakterizuje schopnost nafty se samovolně zapalovat, má vliv na startovatelnost, plynulost a měkkost chodu motoru. Motorové nafty s cetanovým číslem menším jak 35 špatně startují, způsobují nárazové hoření a zvýšený obsah sazí ve výfukových plynech. Optimální hodnota cetanového čísla u paliv s těžším frakčním složením je 51 a více.

Narozdíl od benzínu je nafta daleko více citlivá na změny okolních teplot a právě posun k nižším teplotám může činit potíže. Petrolej má velmi nízký bod tuhnutí, až pod -50°C, plynový olej ale tuhne už kolem 0°C. Proto je třeba, aby rafinérie vzhledem k aktuálnímu ročnímu období a průměrným teplotám s předstihem dodávaly naftu s vhodným podílem těchto dvou hlavních složek. Tedy letní naftu s převažujícím obsahem plynového oleje a zimní variantu se značným obsahem petrolejové frakce. Rozhodující vliv na použití nafty při nízkých provozních teplotách má teplota vylučování parafínů jejichž krystalky ucpávají palivové filtry a zamezují rozvodu paliva. To se posuzuje pomocí filtrovatelnosti (teplota do které je zaručené bezproblémové přefiltrování paliva bez případných parafínových krystalků). V mírném klimatickém pásu je hodnota filtrovatelnosti v zimním období (16.11.-28.2.) stanovena na -20°C a v přechodném období (1.10.- 15.11. a 1.3.- 15.4) na -10°C. Pro zvláštní

případy je možno pomocí přísad Dieselelex a Naftex dosáhnout teploty vylučování parafínů až -30°C .

Motorové nafty se dělí do tříd podle filtrovatelnosti a tedy použití pro dané klimatické podmínky. Pro mírné klima jsou určeny motorové nafty skupiny B, D a F. Motorová nafta třídy 2 je určena pro arktické klima. Pro přehlednost je vše uvedeno v tabulce 1.3.

Klimatický pás	Období		Filtrovatelnost	Druh nafty
Mírný	letní	15.4. - 30.9	max. 0°C	B
	přechodné	1.10 - 15.11 1.3 - 14.4.	max. -10°C	D
	zimní	16.11. - 29.2.	max. -20°C	F
Arktický	-	-	max. -32°C	třída 2

Tabulka 1.3: Rozdělení motorových naft do tříd podle filtrovatelnosti

Obecné požadavky na paliva pro zajištění řádného chodu vznětového motoru:

- *včasný a pravidelný přívod správného množství paliva* - vliv hustoty, viskozity, mazivosti, čistoty, filtrovatelnosti a teploty vylučování parafínů
- *dokonalé rozptýlení a vypaření paliva ve spalovacím prostoru* – vliv viskozity a frakčního složení
- *malé zpoždění zážehu a normálního spalování* – vliv frakčního složení, hustoty a cetanového čísla
- *provoz bez tvorby úsad v palivovém systému, tryskách a spalovacím prostoru* – vliv konce destilace, karbonizačního zbytku 10 % destilačního zbytku, čistoty a popela, obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků a metylesterů mastných kyselin
- *stabilita a nekorozivnost nafty i jejich spalin* – vliv oxidační stability, obsahu síry a vody, jakost přidaných metylesterů mastných kyselin

Viskozita

Viskozita motorové nafty má vliv na její mazivost, při nižší viskozitě je mazivost horší. Dále ovlivňuje velikost kapiček paliva vstřikovaných do spalovacího prostoru motoru. Při vyšší viskozitě se nedosahuje tak dokonalého rozprášení, což způsobí méně dokonalé spalení a určitý úbytek výkonu motoru, zvýšení spotřeby a emisí.

Mazivost

Na mazivost nafty mají negativní vliv zpřísnující se ekologické předpisy, především snížení koncových bodů destilace a snížení obsahu síry až na minimum. Vzhledem k tomu, že moderní konstrukce vznětových motorů a především jejich vstřikovací soustavy mají vysoké požadavky na hodnotu mazivosti nafty, je nutné přidávat do nafty aditiva, která hodnotu mazivosti upraví.

Hustota

Malá hustota nafty může znamenat zhoršení mazivosti, ale nižší obsah pevných částic ve výfukových plynech, vyšší hustota motorové nafty může způsobit horší spalování a větší množství pevných částic ve spalinách. Obecně je požadavek na to, aby hustota jednotlivých dodávek nafty kolísala co nejméně. Rozmezí povolené normou pro jednotlivé druhy nafty uvádí tabulka 1.4.

Obsah síry

Je jedním z nejsledovanějších parametrů z hlediska tvorby škodlivých emisí. Snížením obsahu síry dojde ke snížení emisí oxidu siřičitého, pevných částic a NO_x. Kromě vlivu na životní prostředí má síra negativní vliv na spalovací motor samotný, její oxidy tvoří v motorovém prostoru spolu se zkondenzovanou vodou silné kyseliny a způsobují korozi. Díky všem těmto vlivům je od 1.1.2009 obsah síry v motorové naftě omezen na 10mg na 1kg paliva a takováto nafta může být označována jako bezsírná.

Čistota

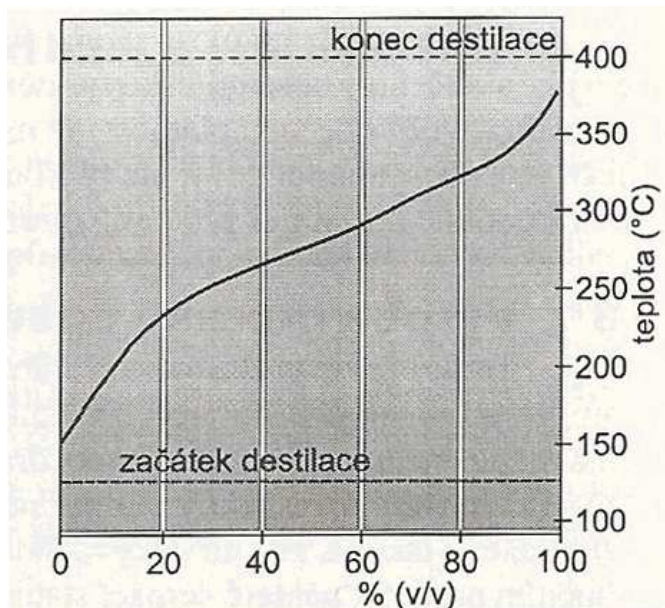
Na čistotu nafty jsou kladeny velmi přísné požadavky, vzhledem k citlivosti moderních vstřikovacích systému na poškození. Čistota je popsána jednak celkovým obsahem nečistot a jednak limitním obsahem vody (Tabulka 1.4).

Oxidační stabilita

V moderních vstřikovacích systémech jakými jsou systém Common-Rail nebo čerpadlo-tryska, které se nacházejí uvnitř motoru, dochází k ohřevu nafty až na teplotu 100°C. Požadavkem na oxidační stálost se rozumí to, aby ani při této teplotě nevznikali v naftě nežádoucí krystalky pryskyřic, přesněji aby vznikalo jen omezené množství (Tabulka 1.4).

Frakční složení – destilační křivka

Pro dokonalé spalování nafty by mělo ve spalovacím prostoru docházet k jejímu postupnému odpařování, spolu se vzrůstající teplotou. Destilační rozmezí nafty leží mezi 160 a 360°C (obr. 1.2) je tedy dost široké pro rovnoměrné hoření.



Obr. 1.2: Destilační křivka MN [1]

Důležitá je především to, aby do teploty 360°C předestilovalo 95 % nafty kvůli plnění emisních limitů. Z tohoto důvodu se omezuje obsah těžkých podílů nafty, které vřou při teplotách u konce destilační křivky. Další parametry vycházející z destilační zkoušky a základní kvalitativní parametry motorových naft uvádí tabulka 1.4.

Znak jakosti	Jednotky	Klimatický pás			
		mírný			arktický
		třída B	třída D	třída F	třída 2
Filtrovatelnost (CFPP), max.	°C	0	-10	-20	-32
Teplota vylučování parafínů, max.	°C	-	-	-8	-22
Hustota při 15°C	kg.m ⁻³	820-845	820-845	820-845	800-840
Cetanové číslo, min.		51	51	51	48
Cetanový index, min.		46	46	46	46
Korozivní působení na měď (3h při 50°C)	stupeň koroze	třída 1	třída 1	třída 1	třída 1
Destilační zkouška					
do 250°C predestiluje, max.	% obj.	65	65	65	
do 350°C predestiluje, min.	% obj.	85	85	85	
95% obj. predestiluje při, min.	°C	360	360	360	
do 180°C predestiluje, max.	% obj.				10
do 340°C predestiluje, min.	% obj.				95
Karbonizační zbytek 10% destilačního zbytku, max.	% hm.	0,3	0,3	0,3	0,3
Kinematická viskozita při 40°C, min.	mm ² .s ⁻¹	2 - 4,5	2 - 4,5	2 - 4,5	1,5 - 4
Bod vzplanutí PM, min.	°C	55	55	55	55
Obsah síry, max.	mg.kg ⁻¹	10	10	10	10
Obsah vody, max.	mg.kg ⁻¹	200	200	200	200
Celkový obsah nečistot, max.	mg.kg ⁻¹	24	24	24	24
Obsah popela, max.	% hm.	0,01	0,01	0,01	0,01
Oxidační stabilita, max.	g.cm ⁻³	25	25	25	25
Mazivost, korigovaný průměr otěrové plochy (wsd1,4) při 60°C	μm	460	460	460	460
Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků, max.	% hm.	11	11	11	11
Obsah metylesterů mastných kyselin, max.	% obj.	5	5	5	

Tabulka 1.4: Základní kvalitativní parametry motorových naft dle ČSN EN 590

Tabulka 1.5 ukazuje pro představu základní vlastnosti diesellových paliv distribuovaných v České republice společností ČEPRO a.s.

Obchodní název	Hustota při 15°C [kg.m ⁻³]	Cetanový index min.	Viskozita při 40°C [mm ² .s ⁻¹]	Filtrovatelnost t[°C] max.	Obsah síry [mg.kg ⁻¹] max.
CP max. -8°C – vylučování parafínů					
Nafta motorová – třída B	820-845	51	2,0 - 4,5	0	10
Nafta motorová – třída D	820-845	51	2,0 - 4,5	-10	10
Nafta motorová – třída F	820-845	51	2,0 - 4,5	-20	10
CP max. -22°C – vylučování parafínů					
Nafta motorová – třída 2	800 - 840	48	1,5-4,0	-32	10

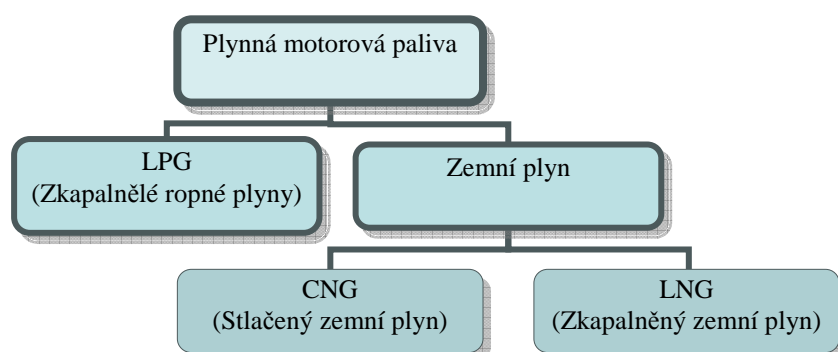
Tabulka 1.5: Vlastnosti diesellových paliv nabízených společností ČEPRO a.s.

2. Plynná paliva

Plynná paliva můžeme počítat mezi tzv. alternativní paliva, tedy paliva která by měla nahradit používání benzínu a nafty, nebo alespoň z části zastoupit jejich spotřebu. Z hlediska přípravy směsi jsou tyto paliva vhodnější než paliva kapalná, umožňují lepší promísení paliva se vzduchem a tím i menší obsah škodlivin ve výfukových plynech. Nesmívají palivový film ze stěn válce a neředí olej v klikové skříní motoru, dále nezpůsobují vznik karbonových úsad v motoru a mají i lepší antidetonační vlastnosti než paliva kapalná. Naproti tomu jejich nevýhodou je nesnadné skladování, distribuce a malá energetická hustota vyžadující velký zastavěný objem pro umístění zásobníků paliva ve vozidle. [2]

Plynná paliva se používají výhradně pro provoz v zážehových motorech, popřípadě ve vznětových motorech které prošli patřičnou úpravou.

Jednotlivé druhy a původ používaných plynných paliv vidíme na obrázku 2.1.



Obr. 2.1: Přehled plynových paliv

2.1. LPG – Liquefied Petroleum Gas

Uhlovodíkové plyny, které jsou součástí LPG, mohou být různého původu. Mohou to být snadno kondenzující složky zemního plynu, nejtěkavější podíly z ropy a těkavé frakce z různých technologií rafinérského průmyslu. Jedná se o směs tvořenou převážně propanem a

butanem, tedy uhlovodíky se 3 respektive 4 atomy uhlíku a menším množstvím vyšších uhlovodíků. Za normálních atmosférických podmínek je směs propanu a butanu plynná. Lze ji však poměrně snadno zkapalnit a to buď ochlazením nebo stlačením. V kapalném stavu je LPG bezbarvá, snadno těkající kapalina specifického zápachu a zaujímá pouze 1/260 svého původního plynného objemu.

Poměr propanu a butanu ve směsi není stálý a je přizpůsoben teplotním podmínkám v jednotlivých klimatických pásech a vzhledem k danému ročnímu období.

2.1.1. Vlastnosti a požadavky na kvalitu LPG

Základním požadavkem je, aby palivo LPG bylo složeno převážně z propanu a butanu, tedy n-butanu – lineární řetězec a izobutanu – rozvětvený řetězec. Obsah butenů a dalších uhlovodíků s nízkým oktanovým číslem by měl být co nejnižší.

Směs plynů by měla být do značné míry zbavena všech sirovodíkových sloučenin a také elementární síry, která je ve zkapalněných uhlovodících značně rozpustná. Dále by neměla obsahovat žádné výševroucí podíly, které se v motoru neodpaří a na citlivých částech motoru tvoří úsady. Propan – butan neobsahuje žádné olovo ani benzenové uhlovodíky.

Fyzikálně chemické vlastnosti kapalně i plynné fáze jednotlivých plynů jsou trochu rozdílné, takže výsledné parametry směsi závisí na poměru jednotlivých složek. Tabulka 2.1 ukazuje jednotlivé vlastnosti propanu a butanu.

Parametr	Propan	Butan
Chemické označení	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Hustota kapalně fáze při 20 °C	0,505 kg.m ⁻³	0,580 kg.m ⁻³
Hustota plynné fáze při 15 °C	2,019 kg.m ⁻³	2,590 kg.m ⁻³
Bod varu	-42,6°C	-0,5°C
Bod tání	-190,16°C	-134,96°C
Spalné teplo - kapalná fáze	50,43 MJ.kg ⁻¹	51,75 MJ.kg ⁻¹
Spalné teplo - plynná fáze	101,82 MJ.m ⁻³	134,02 MJ.m ⁻³
Výhřevnost - kapalná fáze	46,34 MJ.kg ⁻¹	47,70 MJ.kg ⁻¹
Výhřevnost - plynná fáze	93,57 MJ.m ⁻³	123,55 MJ.m ⁻³
Zápalná teplota	510°C	490°C
Oktanové číslo	100	89
Objem plynu, který vznikne odpařením		
1 kg kapalně fáze při 0 °C, 101,325kPa	0,496 m ³	0,368 m ³
1 kg kapalně fáze při 20 °C, 101,325kPa	0,553 m ³	0,395 m ³

Tabulka 2.1: Základní vlastnosti propanu a butanu

Důležitým požadavkem na palivo LPG je dostatečný tlak par v nádrži za všech klimatických podmínek. Starší palivové systémy nemají čerpadlo a palivo je čerpáno právě tlakem v palivové nádrži. Butany mají bod varu okolo 0 °C a propan -42 °C, letní varianta tak může obsahovat méně propanu, v zimní variantě pak převažuje propan, aby i za nejnižších teplot byl zajištěn dostatečný tlak v nádrži. Pro klimatické podmínky České republiky je stanoveno pro letní směs přibližně 40% propanu a pro zimní směs 60 % propanu. Evropská norma EN 589 specifikuje pět sezónních druhů LPG (Tabulka 2.2).

Směs propan-butanu má vysoké oktanové číslo, v průměru o 5-10 % vyšší než benzín, nejsou tedy nutná další aditiva, navíc umožňuje vyšší kompresi při spalování a tím i vyšší účinnost. Při použití kvalitního plynu lze docílit téměř dokonalého spalování, provoz je méně hlučný a dojde ke snížení spotřeby motorového oleje a ke zvýšení životnosti motoru.

Znak jakosti	Jednotky	Mezní hodnoty	
		min.	max.
Oktanové číslo MM		89	-
Obsah dienu (jako 1,3 butadien)	% mol	-	0,5
Sírovodík		negativní	
Celkový obsah síry	mg.kg ⁻¹	-	50
Koroze na měděné destičce (1h při 40 °C)	stupeň koroze	třída 1	
Olejovitý zbytek	mg.kg ⁻¹	-	100
Tlak par manometrický, 40 °C	kPa	-	1550
Tlak par manometrický min. 150kPa při teplotě			
pro třídu A	°C	-	-10
pro třídu B		-	-5
pro třídu C		-	0
pro třídu D		-	10
pro třídu E		-	20
Obsah vody		Při 0 °C žádná voda	
Zápach		nepříjemný a typický při 20 % spodní meze výbušnosti	

Tabulka 2.2: Základní parametry zkapalněných ropných plynů podle ČSN EN 589

I když norma nepřipouští žádný obsah vody při 0 °C, může LPG obsahovat malé množství vody která je zde rozpuštěná. Aby při minusových teplotách nedocházelo k zamrznutí, je povoleno do LPG přidávat až 2000 mg.kg⁻¹ metanolu, který tvoří s vodou nemrznoucí směs.

V neposlední řadě je třeba říci, že pokud je spalována kvalitní směs a máme správně seřízen motor je LPG výrazně ekologicky šetrnějším palivem, emise mají nižší obsah oxidu dusíku, oxid uhelnatého, pevných částic a polycyklických uhlovodíků. Mimo toto ekologické hledisko je LPG zajímavý z hlediska ekonomického neboť cena jednoho litru dosahuje přibližně poloviny ceny 1l benzínu. Při pohledu do budoucnosti ale hovoří v neprospěch LPG hned dva faktory, tím prvním je to, že se nejedná o obnovitelný zdroj energie a tím druhým je to, že jeho výroba je vázána na těžbu ropy, tím pádem se s nějakým masivním rozšiřováním asi nemůže počítat.

2.2. Zemní plyn – CNG, LNG

Zemní plyn je směs plynných uhlovodíků, převážně metanu, kterého obsahuje nejméně 85 % , malého množství (5 %) vyšších uhlovodíků a nehořlavých látek, jakými jsou dusík a oxid uhličitý. Získává se přímou těžbou z pevninských nebo podmořských ložisek. Vytěžený zemní plyn (Natural Gas – NG) se jen velmi málo upravuje, odstraňují se především vyšší uhlovodíky, inerty (CO₂ a dusík), sirné sloučeniny a pevné částice, zároveň je zbavován vlhkosti. Poté už je zemní plyn dopravován sítí plynovodů na místo určení, což je jeho nesporná výhoda.

Pro použití zemního plynu jako paliva pro motorová vozidla se vyvinuly dvě jeho varianty:

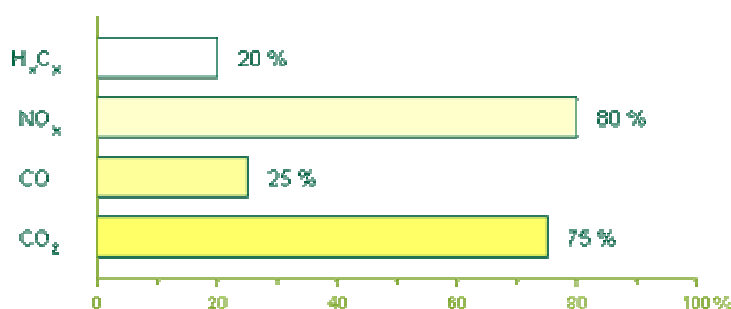
- **CNG – Compressed Natural Gas**, což je stlačený zemní plyn. V ocelových palivových nádržích je stlačován na tlak 20 MPa, v kompozicových dokonce na 35

MPa. Stlačením zemního plynu dojde k redukci jeho objemu v poměru 200:1 vzhledem k původnímu objemu plynné fáze.

- **LNG – Liquefied Natural Gas** značí zkapalnělý zemní plyn. Ke zkapalnění zemního plynu dochází při jeho podchlazení na teplotu minus 162 °C, následně se takto zkapalnělý plyn uchovává v kryogenních nádržích pod přetlakem 0,15 MPa. Zkapalněním zemního plynu se jeho objem zmenší přibližně 600krát.

2.2.1. Vlastnosti zemního plynu jako paliva pro motorová vozidla

Zemní plyn jako alternativní palivo je významný především z hlediska ekologického. Příznivé emise jsou dány jeho složením, respektive složením jeho hlavní složky metanu. Jedná se o nejjednodušší uhlovodík, chemický vzorec CH_4 , s jediným atomem uhlíku v molekule a tedy menším hmotnostní podílem uhlíku v 1 kg paliva. Při jeho spalování tak vzniká menší množství oxidu uhličitého, oproti spalování benzínu je to snížení o více než 20 %. Emise pevných částic a oxidu siřičitého jsou takřka nulové. Významně nižší jsou i emise oxidu dusíku, polyaromatických uhlovodíků, aldehydů a benzenu. Obrázek 2.2 ukazuje procentuální obsah emisí produkovaných při provozu osobního automobilu na CNG vzhledem k provozu na benzín.



Obr. 2.2: Snížení emisí při provozu na CNG a benzín (100%) [3]

Tabulce 2.3 uvádí základní kvalitativní parametry zemního plynu dle normy ČSN 38 6110, pro jeho použití jako paliva ve spalovacích motorech. Tabulka dále uvádí skutečné složení zemního plynu dodávaného v současné době do České republiky a můžeme vidět že tyto hodnoty jsou podstatně příznivější.

Parametr		ČSN 38 6110	Typická hodnota
Výhřevnost (MJ.m^{-3})	min.	35,7	-
Složení (% obj.)			
Metan	min.	85	97
Etan	max.	5	1
Propan a vyšší CH	max.	7	<1
Kyslík	max.	0,02	-
Inerty	max.	7	1-2
Obsah sirovodíku (mg.m^{-3})	max.	7	-
Obsah celkové síry (mg.m^{-3})	max.	100	0,3 - 0,5

Tabulka 2.3: Parametry a složení zemního plynu

Technologie LNG (Tabulka 2.4) je ve srovnání se stlačeným zemním plynem složitější a nákladnější a tak i přes některé svoje výhody je ve světě tou méně využívanou. Mezi její hlavní přednosti patří menší objem a hmotnost nádrží pro uskladnění stejného množství

plynu. Tyto nádrže ale musí mít velmi dobré izolační schopnosti. Naproti tomu velkou nevýhodou je velký odpar v nádrži a pokud není plyn z nádrže odebírán (vozidlo není v provozu) je při velkém nárůstu tlaku třeba plyn odpouštět a dochází tak k velkým ztrátám. Moderní konstrukce nádrží mají tzv. „dobu nádrže“, tedy dobu za kterou vzroste tlak nad maximální přípustnou provozní hodnotu delší než týden.

Parametr	Hodnota
Hustota kapaliny při bodu varu, kg.m^{-3}	415
Bod varu při 101,3 kPa, $^{\circ}\text{C}$	-161,4
Bod tuhnutí, $^{\circ}\text{C}$	-182,5
Výhřevnost, MJ.kg^{-1}	54,8
Výhřevnost, MJ.l^{-1}	22,2
Plynová konstanta, J/kg.K	518,8
Stechiometrické množství vzduchu, kg/kg	17,2
Teplota zapálení, $^{\circ}\text{C}$	520
Rozmezí zápalnosti, l palivové směsi	0,7 - 1,9
Oktanové číslo VM	130

Tabulka 2.4: Vlastnosti zkapalnělého zemního plynu

Použití zemního plynu jako paliva má i jisté provozní výhody. Zemní plyn tvoří se vzduchem homogennější směs a ta je dokonaleji spalována, umožňuje také práci s vysokým součinitelem přebytku vzduchu (λ) a směs má široké rozmezí zápalnosti. Vyšší oktanové číslo, pohybující se okolo hodnoty 130 jednotek, zajišťuje vysokou antidetonační odolnost a navíc motor spalující zemní plyn je při svém chodu až o 50 % tišší.

Zemní plyn je perspektivním palivem, v dnešní době má však nedostatky v oblasti infrastruktury, řídkou síť plnicích stanic a dojezdová vzdálenost vozidel poháněných zemním plynem je poměrně malá. Vzhledem k celosvětové snaze zbavit se závislosti na ropě a skutečnosti, že zásoby zemního plynu jsou zhruba dvojnásobné a rovnoměrněji rozložené, se dá předpokládat, že zemní plyn bude v průběhu příštích let nabývat na významu a bude se masivněji rozšiřovat. Podle směrnice Evropské komise by v roce 2020 měl mít 10 % podíl v celkové spotřebě paliv v EU.

3. Biopaliva

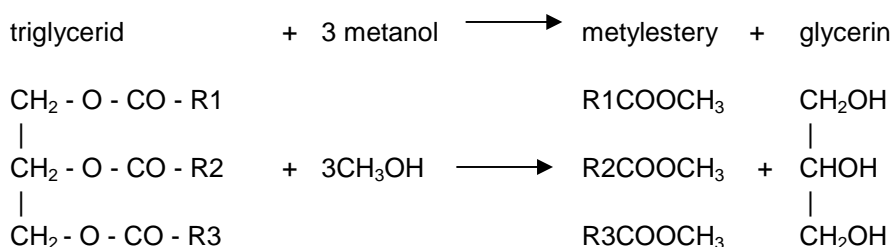
Více než 100 let lidstvo využívá fosilní zdroje energie, které však nejsou neomezené. Důsledky této nekoncepční těžby fosilních zdrojů se již dnes markantně projevují ve zhoršujícím se životním prostředí a globálních změnách klimatu způsobených skleníkovými plyny, převážně oxidem uhličitým. Z toho důvodu je vyvíjena snaha o nalezení alternativních a hlavně obnovitelných zdrojů energie. Jedním z těchto zdrojů je bezesporu biomasa a bioplyny z ní získané. Paliva získaná zpracováním biomasy při svém spalování nezvyšují obsah oxidu uhličitého v atmosféře, neboť nově rostoucí rostliny tento CO_2 zabudují do svých tkání během růstu. Tímto způsobem přispívají biopaliva ke zlepšení životního prostředí.

Na základní úrovni lze paliva získaná z biomasy – biopaliva rozdělit na kapalná a plynná. Mezi kapalná biopaliva patří oleje získané ze semen olejnatých rostlin, v ČR se nejvíce využívá řepky olejky. Větší význam než oleje samotné mají však metylestery jejich mastných kyselin, u nás nejběžnější metylester řepkového oleje, označovaný jako MEŘO. Dalšími kapalnými biopalivy jsou metanol, získávaný z biomasy, především pak ze dřeva a

etanol, který vzniká fermentací roztoku cukru z cukernatých plodin. Mezi plynná biopaliva se řadí bioplyn získaný anaerobním rozkladem biologických látek.

3.1. Bionafta a MEŘO

Od sedmdesátých let minulého století je zkoumána možnost využití řepkového oleje pro pohon vznětových motorů. Ukázalo se, že pohon na řepkový olej u běžných naftových motorů není možný. Vystaly tedy dvě varianty, buď upravovat motory, aby byly schopné spalovat řepkový olej nebo upravit řepkový olej tak, aby se svými vlastnostmi přiblížil naftě. S první možností bylo sice experimentováno, např. vývoj duotermického Elsbethova motoru, avšak vzhledem k finanční náročnosti vývoje konstrukce nových motorů se pozornost přiklonila k variantě druhé. [2] Onou úpravou řepkového oleje se rozumí jeho reesterifikace a vznik již zmíněného metylesteru řepkového oleje. Schéma reesterifikace je na obr.3.1.



Obr. 3.1: Reesterifikace rostlinných olejů [1]

Reakce probíhá snadno v přítomnosti katalyzátoru, kterým mohou být hydroxidy alkalických kovů a může probíhat v bezvodém prostředí. Z reakčních produktů je třeba odstranit vzniklý glycerin, přebytečný metanol, zbytky katalyzátoru a všechny vedlejší reakční produkty. [1] Tímto procesem získáme pohonnou látku, jejíž vlastnosti a výhřevnost se blíží parametrům motorové nafty. Porovnání těchto parametrů uvádí tabulka 3.1.

Parametr		Jednotky	Motorová nafta	MEŘO
Kinematická viskozita při teplotě	0 °C	mm ² .s ⁻¹	3 ÷ 14	10
	20 °C		2 ÷ 8	6,3 ÷ 8,1
	100 °C		0,7 ÷ 2	1,7
Cetanové číslo			51	54 ÷ 55
Splané teplo		MJ.kg ⁻¹	45,3	39,1 ÷ 42,9
Výhřevnost hmotnostní		MJ.kg ⁻¹	42,5	37,1 ÷ 40,7
Výhřevnost objemová		MJ.l ⁻¹	35,2	32,7
Měrná hmotnost		kg.m ⁻³	820 ÷ 845	870 ÷ 880
Bod vzplanutí		°C	min. 55	130
Bod tuhnutí		°C	0 ÷ -12	-7
Molekulová hmotnost			200	300

Tabulka 3.1: Srovnání vlastností motorové nafty a metylesteru řepkového oleje. [2]

Použití čistého metylesteru řepkového oleje, označovaného také jako bionafta 1. generace, má jistá úskalí. Především jde o to, že metylestery mastných kyselin mají oproti ropným uhlovodíkům menší chemickou a oxidační stabilitu, rozdílnou viskozitu, frakční složení, pěnivost a rozpustnost vody. Na druhou stranu se vyznačují dobrou mazivostí a vysokým

cetanovým číslem. Mají však negativní vliv na pryžová těsnění v palivové soustavě, ty je třeba nahradit modernějšími prvky na bázi polytetrafluoretylenu (PTFE). Problémy způsobuje také větší množství usazenin tvořících ve spalovacím prostoru motoru. Jedná se hlavně o pryskyřičnaté látky vznikající při částečné oxidaci estylesterů, různé kaly a látky polymerní povahy. Aby mohl být čistý metylester použit jako palivo vznětových motorů, musí být patřičně upraven aditivami. V České republice se však bionafta 1. generace nepoužívá a vývoj se ubírá jiným směrem. Vydali jsme se cestou tzv. směsných motorových naft, jde o směs motorové nafty a metylesteru řepkového oleje v určitém poměru. Takováto směs je také označována jako bionafta 2. generace.

3.1.1. Vlastnosti směsné motorové nafty

Směsná motorová nafta (bionafta 2. generace) se v České republice distribuuje ve složení minimálně 31 % MEŘO a zbytek tvoří ropné uhlovodíky. Kvalitativní parametry bionafty dle normy ČSN 65 6508 uvádí tabulka 3.2.

Parametr		Jednotka	Hodnota
Cetanové číslo (informativně)			51
Hustota při 15 °C		kg.m ⁻³	820 - 860
Obsah MEŘO	min.	% obj.	31
Polycyklické aromatické uhlovodíky	max.	% hm.	11
Bod vzplanutí	min.	°C	55
Karbonizační zbytek z 10% destilačního zbytku	max.	% hm.	0,3
Obsah popela	max.	% hm.	0,01
Celkový obsah nečistot	max.	mg/kg	24
Korozivní působení na měď (3 h při 50 °C)		stupeň koroze	třída 1
Oxidační stabilita	max.	g/m ³	25
Mazivost (wsd 1,4 při 60 °C)	max.	μm	460
Viskozita při 40 °C		mm ² .s ⁻¹	2 - 4,5
Destilační zkouška			
při 250 °C predestiluje	max.	% obj.	65
při 350 °C predestiluje	min.	% obj.	85
95 % predestiluje při	max.	°C	360
Filtrovatelnost (CFPP)			
Třída B		°C	0
Třída D			-10
Třída F	max.		-20
Cloud point, třída F (teplota vylučování parafínů)	max.	°C	-8
Obsah vody	max.	mg/kg	300
Obsah síry	max.	mg/kg	10
Číslo kyselosti	max.	mg KOH/g	0,2
Obsah fosforu (inf.)	max.	mg/kg	4
Obsah alkalických kovů (inf.)	max.	mg/kg	2

Tabulka 3.2: Kvalitativní požadavky na směsné motorové nafty [1]

Jedná se o několika složkové palivo, kde jednou složkou je právě metylester řepkového oleje, další složkou jsou lehké nebo těžké alkany, jež mají dobré fyzikálně-chemické a palivové vlastnosti, naproti tomu ale horší mazivost. Třetí významnou složkou je střední bezsirný destilát, disponující velkou výhřevností, zvyšuje tedy výkon motoru a snižuje spotřebu, má ale nízkou biologickou odbouratelnost a vyšší produkci emisí. Doplnkově může bionafta obsahovat i alkoholy, alfa olefiny a další látky. Bionafta 2. generace je svými vlastnostmi a parametry, až na výjimky, srovnatelná s běžnou motorovou naftou (ČSN EN 590, tabulka 1.4) a nic nebrání jejímu použití v běžném dieslovém motoru.

Zvýšená pozornost by měla být věnována hlavně hladině oleje v motoru, pokud bychom zjistili větší nárůst jeho množství, značící průnik bionafty do olejové lázně, je třeba olej neprodleně vyměnit. Určitým nebezpečím je i zvyšování viskozity rostlinné složky při nízkých teplotách, které má za následek vznik velkých pasivních odporů v rotačních čerpadlech palivových systémů. Dále jsou kladeny zvýšené požadavky na čistotu, bionafta nesmí obsahovat žádné pouze částečně zreagované glyceridy ani jiné kontaminace pocházející z řepkového oleje nebo procesu reesterifikace. Ve směsné motorové naftě jsou tyto částice špatně rozpustné a mohlo by dojít k ucpání palivových filtrů.

Přednosti bionafty 2. generace

- příznivá cena díky 5 % DPH
- až o 50 % nižší kouřivost, nižší obsah pevných částic a polyaromatických uhlovodíků, MEŘO neobsahuje síru, nedochází tedy ke zvýšení produkce oxidů síry
- obsah kyslíku v MEŘO má pozitivní vliv na spalování
- MEŘO působí jako mazivostní přísada s plnohodnotnými vlastnostmi paliva
- metylester řepkového oleje je detergentnější, více rozpouští, pozitivní vliv na čistotu palivového systému

Nedostatky bionafty 2. generace

- až o 5 % nižší výkon motoru vlivem nižší výhřevnosti, zvýšení měrné spotřeby
- agresivnější k pryžovým částem palivové soustavy
- možnost zvýšené tvorby karbonových úsad na vstřikovacích tryskách
- zvýšení korozivních účinků vlivem náchylnosti MEŘO v oxidaci, tedy i k nárůstu kyselosti paliva
- při vyšším obsahu MEŘO než 36 % mohou nastat problémy s oxidační stabilitou, tvorbou živců a usazenin

3.2. Bioetanol

Bioetanol je etanol získaný kvasným procesem produktů zemědělské výroby. Využívají se plodiny s vysokým podílem cukru, celulózy nebo škrobu. Jde především o cukrovou řepu, cukrovou třtinu, obilniny, kukuřici a brambory. Takto vykvašený líh je zapotřebí ještě patřičně upravit, především odvodnit, což ale značně prodražuje jeho výrobu. Výroba etanolu je přibližně třikrát dražší než výroba motorové nafty, přičemž jeho výhřevnost je dvoutřetinová. Srovnání vlastností alkoholových a ropných paliv je v tabulce 3.3.

Bioetanol je možné použít jako paliva jak pro zážehové tak pro vznětové spalovací motory. V obou případech se však nevyhneme určitým konstrukčním změnám. V případě zážehových motorů jde především o zvýšení kompresního poměru, čímž se dosáhne i vyšší účinnosti spalování. Pro použití ve vznětovém motoru je třeba buď motor přestavět na zážehový, nebo vhodnými aditivami zvýšit vznětlivost (cetanové číslo) etanolu a použít aditivum zlepšující mazací schopnosti.

	Etanol	Metanol	Benzin	Nafta
Výhřevnost [MJ.kg ⁻¹]	26,9	21,3	43,7	42,5
Bod varu [°C]	78,3	64,5	99,2	150
Oktanové číslo	106	105	79-98	-
Cetanové číslo	8	5	-	40-55

Tabulka 3.3: Srovnání vlastností alkoholových a ropných paliv [2]

Bioetanol se používá buď jako čisté palivo s minimem přísad nebo jako příměs do benzínu v rozsahu 3-15 %. Nejčastěji je používáno etanolu jako příměsi benzínu v obsahu 5 % (v ČR a EU maximální povolený obsah) a poté ve směsi označované E85, která obsahuje 85 % etanolu a 15 % benzínu. K zatím největšímu rozšíření tohoto paliva v Evropě došlo ve Švédsku díky hojné podpoře tamní vlády. Populární je zde i palivo tvořené etanolem s 2 % přídavkem aditiv pro zvýšení vznětlivosti paliva používané ve vznětových motorech. Diesellové motory upravené pro spalování tohoto paliva vyrábí např. švédská firma Scania a používají se především v autobusové dopravě.

Další možností využití etanolu je jeho chemická úprava na etyltercbutyleter (ETBE), který je důležitou přísadou bezolovnatých benzínů zvyšující oktanové číslo a nahrazující dříve používané toxické přísady (benzen, toluen, xylen).

Tabulka 3.4 [1] uvádí požadavky na kvalitu kvasného lihu (etanolu) používaného jako přísada do automobilových benzinů.

Parametr	Jednotky	Mezní hodnoty	
		min.	max.
Vzhled		čirý, bez zákalů a sedlin	
Obsah etanolu před denaturací	% obj.	99,7	-
Obsah vody	% obj.	-	0,39
Hustota při 20 °C	kg.m ⁻³	791	-
Obsah etanolu po denaturaci	% obj.	95,6	-
Obsah vodných kyselin	mg/le*	-	50
Odparek	mg/le*	-	15
Obsah denaturačního prostředku	% obj.	2	4

Tabulka 3.4: Požadavky ČSN 65 6511 na kvasný líh do automobilových benzinů

* mg/le – miligram na litr etanolu

Jednou z největších výhod etanolu je příznivé složení emisí vznikajících při jeho spalování. Oproti benzínu dochází u CO, tuhých částic a organických látek k poklesu o 50 % a v případě N₂O k poklesu o 25 %. Pozitivní je i jeho vliv na emise ve směsných palivech. Oproti benzínu však při spalování etanolu dochází ke zvýšené produkci aldehydů, jejich obsah v emisích lze ale použitím oxidačního katalyzátoru snížit až o 80 %.

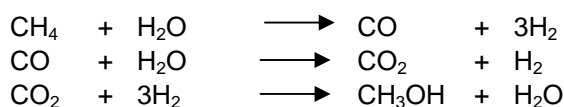
Výhodné jsou i jeho antidetonační vlastnosti a oktanové číslo okolo 106. To umožňuje vyšší kompresi a s tím související dokonalejší spalování, které je také rychlejší vlivem většího podílu kyslíku v etanolu. Spalování etanolu slibuje také vyšší výkon a otáčky motoru, zároveň díky velkému výparnému teplu etanolu dochází k vnitřnímu chlazení motoru.

Mezi největší nedostatky etanolu patří jeho nižší výhřevnost (tabulka 3.3.) oproti ropným palivům a s tím související zvýšená spotřeba paliva (přibližně 1,7x). Počítat musíme také se zhoršenou startovatelností při nízkých teplotách, protože zápalná teplota etanolu je 425 °C, zatímco benzínu pouze 200 °C. Etanol také způsobuje rychlejší korozi kovových materiálů a

je agresivní vůči plastickým hmotám. Jeho výpary mají negativní vliv na lidský organismus a je třeba se vyvarovat kontaktu s nimi, zvláště při tankování paliva. Jak již bylo napsáno výše, cena etanolu je vysoká, a aby měl šanci se uplatnit jako plnohodnotné palivo, je třeba vládní podpory v jeho výrobě.

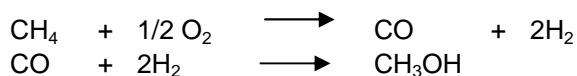
3.3. Metanol

Metanol je vedle etanolu dalším zástupcem alkoholových paliv a má s ním některé společné vlastnosti. Metanol lze získat prakticky dvěma způsoby. Jedním ze způsobů je výroba metanolu z biomasy, konkrétně ze dřeva, dříve vznikal jako vedlejší produkt při výrobě dřevěného uhlí. Takto vyrobený metanol lze označit jako biometanol. Druhý způsob výroby metanolu je s využitím fosilních zdrojů. Využívá se především zemního plynu nebo uhlí. Na obr. 3.2 jsou uvedeny chemické rovnice výroby metanolu z metanu, ten reaguje s vodní párou za vzniku syntézního plynu, jehož složky vodík a oxid uhelnatý v dalším stupni reagují za vzniku metanolu. [1,2]



Obr.3.2: Výroba metanolu metodou parního reformingu [1]

Jinou možností je výroba tzv. parciální oxidací metanu (obr. 3.3), což je částečné spálení při kterém vzniká metanol, formaldehyd a další kyslíkaté sloučeniny.



Obr. 3.3: Výroba metanolu metodou parciální oxidace [1]

Syntetický metanol má oproti metanolu vyrobenému z biomasy tu výhodu, že je o polovinu levnější.

Metanol je čistá kapalina bez zápachu, pro člověka toxická při vdechnutí výparů i potřísnění pokožky. Jako palivo se vyznačuje vysokým oxidačním číslem, ale malou výhřevností (tabulka 3.3) oproti naftě nebo benzínu. Spotřeba takového paliva proto zákonitě vzroste. Metanol se používá buď jako příměs do standardních benzínů (do 3 % objemu), ve směsi označované M85 – 85 % metanolu a 15 % benzínu nebo čisté palivo, určené především pro dodávky a nákladní vozidla. Při použití ve vznětových motorech je nutné vybavit motor pomocným zapalovacím systémem, neboť metanol má nízké cetanové číslo a samotnou kompresi by nedošlo ke vznícení směsi. Problém lze vyřešit i přidáním několika procent nafty do metanolu, zapalovací svíčka v takovém případě nutná není. Pro použití v zážehových motorech platí stejné podmínky jako pro použití etanolu.

Stejně jako je tomu v případě etanolu, vzniká při spalování metanolu, oproti ropným palivům, podstatně méně emisí CO, NO_x, pevných částic i uhlovodíků. Metanol je také méně prchavý než benzín a manipulace s ním je bezpečnější. Z hlediska bezpečnosti je důležité i to, že je rozpustný ve vodě a případný požár je možné hasit vodou. Mezi nevýhody metanolu patří jeho toxicita, malá výhřevnost, vyšší korozivní působení na kovové materiály a stejně jako v případě etanolu negativní působení na plastové materiály a také jeho detergentní účinek (rozpuští oleje). Nebezpečím je také to, že metanolvý plamen je neviditelný, s přidavkem

benzinu se však stává viditelným. Problémem je také zhoršení startovatelnosti vlivem vyšší zápalné teploty a formaldehydový zápach produkovaný při studených startech a zahřívání motoru, dobu exhalace lze však účinně snížit použitím oxidačního katalyzátoru. Cena metanolu je přibližně dvakrát taková jako cena benzínu, ale nižší než cena etanolu.

V současné době se zkoumá využití metanolu v palivových článcích DMFC (Direct Methanol Fuel Cells).

3.4. Bioplyn

Bioplyn vzniká v uzavřených nádržích rozkladem organických látek za nepřístupu vzduchu. Nejčastěji jsou těmito látkami hnůj, zbytky zelených rostlin a kaly z čističek odpadních vod. Působením metanogenních bakterií vzniká za dodržení určitých podmínek (teplota, pH) plyn jehož průměrné složení je v tabulce 3.5.

Složka	%
Metan	40-75
Oxid uhličitý	25-55
Vodní pára	0-10
Dusík	0-5
Kyslík	0-2
Vodík	0-1
Čpavek	0-1
Sirovodík	0-1

Tabulka 3.5: Složení bioplynu [4]

Složení není stálé a je závislé na kvalitě výchozích produktů a na podmínkách anaerobního kvašení. V závislosti na obsahu metanu kolísá výhřevnost bioplynu v rozmezí 19,6-25,1 MJ.m⁻³. Pro použití bioplynu jako pohonné hmoty motorových vozidel je ho třeba upravit tak, aby odpovídal požadavkům na zemní plyn. Zejména je třeba odstranit nežádoucí podíl oxidu uhličitého a sirovodíku, zbavit bioplyn vlhkosti a mechanických nečistot a docílit alespoň 95% obsahu metanu. [2]

Výhodou bioplynu jsou nižší emise oproti benzínu a asi 30% úspora nákladů na palivo. Nevýhodou je nestabilní produkce bioplynu vzhledem k ročním obdobím, omezené produkované množství a možnost pouze lokálního použití v blízkosti bioplynových stanic.

4. Vodík

Vodík je zatím nejméně rozšířeným palivem z výše jmenovaných, skrývá se v něm však obrovský potenciál. Ve vozidle ho lze použít buď přímo ve spalovacím motoru nebo jako zdroj elektrické energie palivového článku pro elektromobily. Snad největší výhodou a velkým příslibem do budoucna je skutečnost, že při spalování vodíku, stejně jako při jeho použití v palivových článcích nevznikají žádné škodlivé emise a skleníkové plyny, ale pouze vodní pára, případně voda.

Značnou nevýhodou vodíku jsou vysoké náklady spojené s jeho výrobou. V současné době se nejvíce využívá technologie parního reformingu zemního plynu. Tato technologie je poměrně levná, ale na 1kg vyrobeného vodíku připadá přibližně 7kg CO₂, což je vzhledem k myšlence vodíku jako čistého paliva nepřijatelné. Dalšími možnostmi výroby vodíku je elektrolýza vody, vysokoteplotní rozklad vody nebo zplynování biomasy. Vzhledem k vysoké energetické náročnosti elektrolýzy se s touto metodou počítá převážně v souvislosti s využitím větrné

nebo solární energie. Rovněž jsou zkoumány možnosti výroby vodíku přímo z vody s využitím jaderných reaktorů čtvrté generace.

Na rozdíl od fosilních paliv obsahujících vodík a od biomasy, tedy látek s vysokým energetickým obsahem, je voda jako zdroj vodíku látka s nulovou energií. Vodík vyrobený elektrolýzou vody tedy není zdrojem energie, ale pouze nosičem energie do tohoto procesu vložený.

4.1. Vodík jako palivo pro spalovací motory

Největší předností použití vodíku jako paliva ve spalovacím motoru je jeho vysoká výhřevnost v jednom kilogramu a výrazné snížení škodlivých emisí ve spalínách. Naproti tomu má vodík vysoký měrný objem a nízkou hustotu energie. To se projevuje v nutnosti uchovávat větší množství vodíku než standardního benzínového paliva. Existují dva způsoby pro uchovávání vodíku v palivových nádržích. První možností je stlačení vodíku pod vysokým tlakem, druhou možností je jeho zkapalnění vlivem extrémně nízkých teplot. Vybrané vlastnosti vodíku při různých formách jeho skladování a porovnání s konvenčními palivy jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Palivo / Skupenství (20°C)	Hustota [kg.m ⁻³]	Měrný objem [l.kg ⁻¹]	Měrný objem vztahený k benzínu	Výhřev- nost [MJ.kg ⁻¹]	Hustota energie [MJ.l ⁻¹]	Hustota energie vztahená k benzínu
Vodík / plynné 1 bar	0,084	11939	8354,7	119	0,01	0,0003
Vodík / plynné 250 bar	17	58,8	41,15	119	2,024	0,065
Vodík / plynné 350 bar	22,2	45,2	31,6	119	2,64	0,085
Vodík / plynné 700 bar	39	25,9	18,14	119	4,6	0,15
Vodík / kapalné (-253°C)	71,08	14,1	9,85	119	8,46	0,27
Propan / kapalné	498	2	1,4	46,3	23,08	0,74
Benzín / kapalné	720	1,43	1	44,5	31,15	1

Tabulka 4.1: Vlastnosti vodíku v porovnání s konvenčními palivy [6]

Z tabulky je vidět, že nejpříznivějších hodnot se dosahuje při použití kapalného vodíku. Tato technologie je však energeticky náročná, klade vysoké nároky jak na kvalitu a izolační vlastnosti palivových a skladovacích nádrží, tak na technologii tankovacích stojanů. Kapalný vodík s teplotou 20 K = -253°C je dosti nebezpečný pro člověka, při kontaktu s pokožkou hrozí kryogenní popáleniny a omrzliny a případné vdechnutí studených výparů může způsobit poškození plic. Z těchto důvodů je nevhodnější, když tankování probíhá bez přítomnosti člověka za použití robotizovaných tankovacích stojanů.

Při použití kryogenních nádrží dochází navíc vlivem přestupu tepla k velkému odparu kapalného vodíku. Nádrž proto musí být vybavena pojistným ventilem, který nedovolí překročení maximálního tlaku (obvykle 5 barů) a přebytečný plynný vodík odpouští do atmosféry. Tyto ztráty mohou dosáhnout až 3 % obsahu za den. V některých systémech je takto unikající vodík jímán a stlačován do přídatných tlakových lahví.

Chování vodíku je v mnoha ohledech odlišné od stávajících fosilních paliv. Některé jeho vlastnosti uvádí následující přehled:

- Vodík tvoří se vzduchem hořlavou a výbušnou směs v širokém pásmu koncentrací, hořlavá směs v rozmezí 4-75 % a výbušná v rozmezí 19-59 % objemu.

- Při rychlé expanzi může dojít k samovznícení.
- Vodík má nízkou zápalnou energii a už i velmi malý elektrostatický náboj (0,02 J) může iniciovat vzplanutí paliva.
- Nízká viskozita a velmi malá velikost vodíkové molekuly kladou zvýšené nároky na těsnost palivové soustavy.
- Únik vodíku není lidskými smysly rozpoznatelný a vodíkový plamen je za denního světla téměř neviditelný.
- Nebyly zjištěny žádné toxické účinky na člověka.
- Při úniku se vodík díky své nízké hustotě rychle rozptýlí do okolí, a tím dochází k poklesu koncentrace pod zápalnou mez.
- Při náhlém výbuchu palivové nádrže stoupá vodík rychle vzhůru a požár vzniká ve větší míře vně vozidla. [8]

4.1.1. Proces spalování vodíku

Spalování vodíku v klasickém pístovém spalovacím motoru má jistá specifika a s těmi je nutno při konstrukci takového motoru, případně při úpravě běžného motoru, počítat. Vlivem vysoké výbušnosti směsi vodíku se vzduchem probíhá spalování s přebytkem vzduchu. Průběh hoření je velmi rychlý a plamen je stabilní i při velmi chudé směsi při zachování dobré účinnosti. Tím dochází k omezení produkce oxidů dusíku ve výfukových plynech.

Díky nízké objemové výhřevnosti vodíku, dané jeho malou hustotou, vyžaduje použití chudých směsí přeplňování a vstřík paliva vodíku do válce až během sacího zdvihu, nejlépe k jeho konci. Nízká hustota vodíku také způsobuje obtížnější dosažitelnost homogenní směsi se vzduchem.



Obr. 4.1: Motor BMW Hydrogen ICE s dvoupalivovým systémem benzín/vodík. [9]

Určité nebezpečí představuje již zmíněná snadná zápalnost vodíku, díky které může dojít k nežádoucímu zapálení směsi spaliny z vnitřní recirkulace motoru a zašlehnutí plamene do sacího traktu. Moderní technologií vstříku vodíku přímo do válce je však tento jev eliminován. Oproti původním předpokladům je vodík i poměrně odolný proti klepání, příznivě působí hlavně rychlost vyhoření směsi ještě před jejím vznětem – klepáním. Pokud ke vznětu dojde, přechází rychle ve velmi silnou detonaci. Pozitivní účinek na chod a

parametry motoru má míchání vodíku s některým z pomalu hořících paliv, jako je např. metan.

Při provozu na vodík lze využít poměrně vysoký kompresní poměr, především při nízkém zatížení. Vysoké zatížení ale vyžaduje adaptivní regulaci předstihu zážehu a regulaci efektivního kompresního poměru změnou časování ventilů, případně využitím mechanismu pro změnu geometrického kompresního poměru.

Spaliny z takového motoru obsahují pouze vodní páru a oxidy dusíku, které jsou zachytávány v aktivních chemických vrstvách katalyzátorů. Chlazených výfukových plynů se využívá ke zpětné recirkulaci a náhradě nadbytečného kyslíku ve směsi dusíkem nebo směsí dusíku a vodní páry. [9]

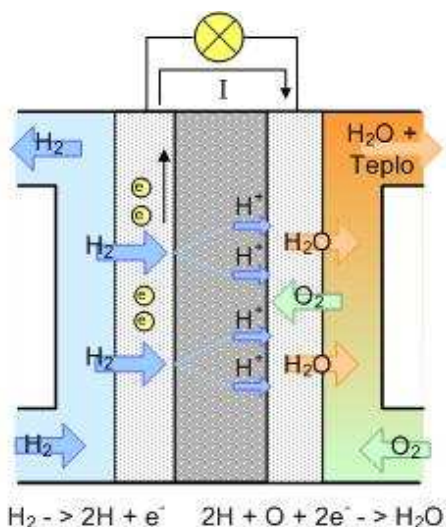
4.2. Vodík jako palivo pro palivové články

Palivový článek je zařízení, které při elektrochemické reakci přeměňuje vnitřní chemickou energii kontinuálně přiváděného paliva s oxidačním činidlem na energii elektrickou. Elektřina vzniká exotermní reakcí samotného vodíku s kyslíkem, kromě elektřiny vzniká voda nebo vodní pára. Oproti tepelným strojům s generátorem elektrické energie dosahují palivové články při výrobě elektrické energie vysokých účinností a to až 60% v laboratorních podmínkách. Reálná účinnost se pohybuje v rozmezí 35 – 50 % dle zatížení a typu palivového článku. Vysoká účinnost je dána zejména tím, že přeměna energie je přímá, nikoliv přes mezistupně (tepelnou a mechanickou) jako je tomu u spalovacích motorů. [10]

Základním stavebním prvkem palivového článku je tzv. palivová cela. Ta se skládá ze dvou elektrod, záporné anody a kladné katody, a katalyzátoru. Palivový článek je pak tvořen souborem několika takovýchto palivových cel. [10]

4.2.1. Popis funkce palivového článku

Princip palivového článku lze nejnázorněji objasnit na palivovém článku s polymerní membránou. Tento článek se skládá ze dvou elektrod na jejichž povrchu se nachází slabá vrstvička uhlíku obsahující malé množství platiny, která zde slouží jako katalyzátor. Elektrody jsou od sebe odděleny tenkou polymerní membránou, která propouští kladně nabitě ionty – protony.



Vodík je přiváděn na anodu, kde na vrstvě katalyzátoru dochází k jeho disociaci na kladné ionty (protony) a elektrony. Protony procházejí skrz polymerní vrstvu směrem ke katodě. Elektrony jsou nuceny procházet externím okruhem a prochází zapojeným elektrickým spotřebičem (znázorněna žárovka). Na stranu katody je přiváděn čistý kyslík nebo kyslík jako součást vzduchu. Zde pak sloučením dvou kladně nabitých vodíkových iontů (protonů), dvou elektronů a atomu kyslíku vzniká voda, obvykle ve formě páry. [10]

Obr. 4.2: Schéma principu palivového článku [10]

Vodík je pro použití v palivovém článku získáván několika různými způsoby. Jedním ze způsobů je uchovávání vodíku ve vozidle k tlakových (stlačený vodík) či kryogenních nádobách (kapalný vodík) a jeho přímé použití v palivovém článku. Další možností je použití klasických paliv jako je benzín, zemní plyn nebo metanol, jejichž uskladnění ve vozidle je o poznání jednodušší. V přídavném zařízení podstoupí tato paliva proces chemické reformace za vzniku vodíku, který je následně dodáván jako palivo pro palivový článek. Určitou nevýhodou této metody je to, že odpadní látkou je zde kromě vodní páry i menší množství CO_2 . Nicméně pro přechodné období než dojde k vybudování kvalitní vodíkové infrastruktury se tato možnost jeví jako optimální.

Závěr

Jednadvacáté století bude pro pohonné hmoty bezesporu přelomovým obdobím a můžeme očekávat vývoj tak bouřlivý jako ještě nikdy v historii. V této části bych proto rád provedl zhodnocení, předpokládaný vývoj a možnosti uplatnění zmíněných druhů pohonných hmot.

Všeobecně se dá očekávat, že spotřeba standardních pohonných hmot bude klesat a že budou propagovány pohonné hmoty alternativní se snahou zaujmout co největší podíl na trhu. V kategorii automobilových benzínů je v současné době nejpoužívanějším typem Natural 95 (BA Super 95). V budoucnu lze počítat spolu s procesem omlazování vozového parku s omezením distribuce Specialu 95 a se zvýšením produkce benzínu s 98 oktany, který umožní pracovat s vyšším kompresním poměrem, lepší tepelnou účinností a nižší spotřebou. Natural 95 si však patrně udrží své prvenství a vývoj bude směřován spíše ke zdokonalení zážehového motoru. V horizontu několika desetiletí, kdy se začnou projevovat nedostatky ropných zásob zle počítat s rozšířením výroby benzínu ze zemního plynu metodou MTG (Methanol To Gasoline). Podstatou je výroba metanolu ze zemního plynu a jeho následná konverze na benzinové uhlovodíky.

Podobný scénář lze očekávat i u motorových naft, jejichž syntetická výroba (označovaná jako GTL – Gas To Liquid) pomocí Fischer-Tropschovy syntézy je díky vývoji společnosti Shell známá již dnes. Výchozím produktem je zde opět zemní plyn. Jinou možností bude výroba motorové nafty z biomasy technologií BTL – Biomass To Liquid.

Co se zkapalnělých ropných plynů (LPG) týče, nelze v budoucnu počítat s jejich masivním rozšiřováním. Tato technologie už určité místo na trhu zastává, ale její rozšiřování by bylo vzhledem k její návaznosti na ropu v rozporu s myšlenkou omezení závislosti na této surovině.

V opačné situaci však stojí zemní plyn v obou svých formách (CNG i LNG). S jeho masivním rozšířením se počítá okolo roku 2020 a to především pro autobusy městské hromadné dopravy a vozidla komunálních služeb. Právě u těchto vozidel pohybujících se vždy v určitém okruhu není nízká dojezdová vzdálenost na toto palivo překážkou. Ovšem neznamená to že by zemní plyn nenalezl uplatnění i u osobních automobilů, předpokládám že se tak stane především u vozidel nižší třídy.

Biopaliva svým uzavřeným cyklem oxidu uhličitého jsou sice příslibem jak zlepšení životního prostředí, tak snížení závislosti na ropě, jejich plošné rozšíření však není docela možné. Hlavní překážkou je skutečnost, že aby biopaliva nahradily větší část klasických pohonných hmot, bylo by třeba obrovských osevních ploch s energetickými plodinami, což by mělo za následek konkurování potravinářskému průmyslu. Reálně je možné nahradit max. 10 % používaných pohonných hmot palivy rostlinného původu. Těžištěm jejich použití by mohla být zemědělská technika. V takovém případě by se zemědělec stal v oblasti pohonných hmot energeticky nezávislým. Dalším místem uplatnění budou určité prostředky městské hromadné dopravy s provozem na lihová paliva nezátěžující lidská obydlí škodlivými spaliny.

Opravdovou revoluci v dopravě však přinese až vodík. Již dnes je sice používán jako nosič energie v palivových článcích či spalován ve spalovacích motorech, jeho výroba i použití je však stále příliš drahá a celou vodíkovou technologii čeká ještě dlouhý vývoj. Vzhledem k tomu, že zásoby vodíku jsou prakticky nevyčerpatelné je jeho budoucnost velmi příznivá. Na jeho rozšíření se můžeme těšit kolem roku 2050.

Všeobecně lze říci, že veškerý budoucí vývoj pohonných hmot bude směřován k minimalizaci produkce škodlivých emisí a snížení závislosti na ropě. Tento proces bude postupný a asi se neobejde bez potřebné podpory vlád jednotlivých zemí.

Literatura

- [1] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. 1.vyd. Praha: Grada, 2005. 224 s. ISBN 80-247-0350-5.
- [2] VLK, František. *Paliva a maziva motorových vozidel*. 1.vyd. Brno: Vlastním nákladem, 2006. 376 s. ISBN 80-239-6461-5.
- [3] ELPIGAZ. *ELPIGAZ : CNG jako ekologické palivo ve vozidlech* [online]. 2005 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <http://www.lpg-cng.cz/lpg/cng-ve-vozidlech_27.html>.
- [4] Wikipedia, otevřená encyklopedie : *Bioplyn* [online]. [2008] , poslední změna 5.5.2009 [cit. 2009-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>>.
- [5] ČEPRO. *Bezolovnaté benzíny* [online]. c2005-2009, poslední změna 11.5.2009 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <http://www.ceproas.cz/sys/sdilene-dokumenty/~Bezolovnatx_benziny.html>.
- [6] DLOUHÝ, Petr, JANÍK, Luděk. Vodíkové hospodářství - Úvod. *Hytep.cz : Česká vodíková technologická platforma* [online]. 25.01.2007 [cit. 2009-04-28]. Dostupný z WWW: <<http://hytep.cz/?loc=article&id=3>>.
- [7] BOUČEK, Jan. *Palivové články a vodíkový pohon*. Ekolist.cz [online]. 26.5.2001 [cit. 2009-05-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.ekolist.cz/zprava.shtml?x=155986>>.
- [8] DLOUHÝ, Petr, JANÍK, Luděk. Bezpečnost. *Hytep.cz : Česká vodíková technologická platforma* [online]. 01.06.2007 [cit. 2009-05-03]. Dostupný z WWW: <<http://hytep.cz/?loc=article&id=10>>.
- [9] MACEK, Jan, DLOUHÝ, Petr. Vodíkové spalovací motory. *Hytep.cz : Česká vodíková technologická platforma* [online]. 03.12.2007 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <<http://hytep.cz/?loc=article&id=15>>.
- [10] DLOUHÝ, Petr, JANÍK, Luděk. Palivové články. *Hytep.cz : Česká vodíková technologická platforma* [online]. 17.04.2007 [cit. 2009-05-12]. Dostupný z WWW: <<http://hytep.cz/?loc=article&id=5>>.